

(11)Publication number : 2001-277200

(43)Date of publication of application : 09.10.2001

(51)Int.Cl. B82B 3/00  
G11B 7/24  
G11B 7/26  
G11B 9/14  
H01J 37/30

(21)Application number : 2000-094676

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

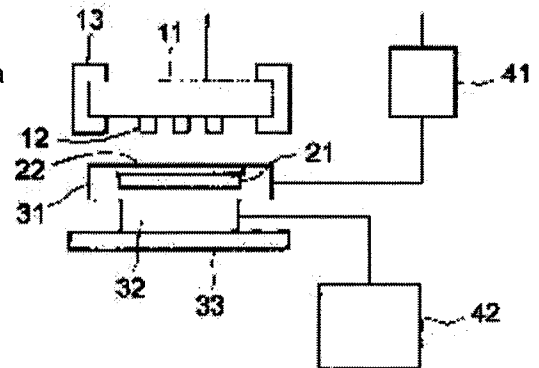
(22)Date of filing : 30.03.2000

(72)Inventor : ISHINO TAKASHI  
HIEDA YASUYUKI  
NAITO KATSUYUKI

**(54) MICRO WORKING DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a simple micro working device capable of making micro-patterns of a working dimension of 100 nm or less at a low cost in a lump working to a large area one mm or over square.

**SOLUTION:** The micro working device is equipped with means 13 and 31 to hold an original disk 11 whereon micro-patterns 12 are provided and a substrate 21 to be worked, a means 41 to induce energy transfer or a material movement between the original disk and the substrate, and means 32, 33, 42 to control the relative position of the original disk and the substrate in between, and thereby the micro-patterns are transferred from the original disk to the substrate.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-277200  
(P2001-277200A)

(43) 公開日 平成13年10月9日 (2001.10.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
B 8 2 B 3/00		B 8 2 B 3/00	5 C 0 3 4
G 1 1 B 7/24	5 2 2	G 1 1 B 7/24	5 2 2 Z 5 D 0 2 9
7/26		7/26	5 D 1 2 1
9/14		9/14	G
			M

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-94676(P2000-94676)

(22) 出願日 平成12年3月30日 (2000.3.30)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 石野 隆

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 稗田 泰之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

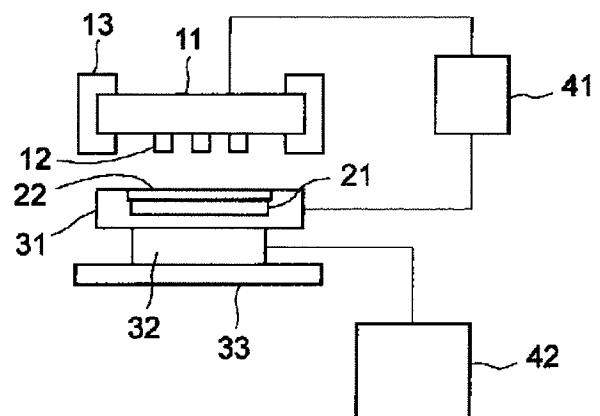
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細加工装置

(57) 【要約】

【課題】 1mm角以上の大面積に加工寸法100nm以下の微細なパターンを低コストで一括加工できる簡便な微細加工装置を提供する。

【解決手段】 微細パターン(12)が形成された原盤(11)および被加工基板(21)を保持する手段(13, 31)と、原盤と基板との間でエネルギー移動または物質移動を誘起させる手段(41)と、原盤と基板との相対位置を制御する手段(32, 33, 42)とを具備し、原盤から基板へ微細パターンを転写する微細加工装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 微細パターンが形成された原盤および被加工基板を保持する手段と、前記原盤と前記被加工基板との間でエネルギー移動または物質移動を誘起させる手段と、前記原盤と前記被加工基板との相対位置を制御する手段とを具備し、前記原盤から前記被加工基板へ微細パターンを転写することを特徴とする微細加工装置。

【請求項 2】 前記原盤と前記被加工基板との間でのエネルギー移動または物質移動によるパターンの転写が、パターン凸部から基板への電流もしくは電子線の照射、パターン凸部と基板間での電圧もしくは磁場の印加、パターン凸部と基板表面の接触部付近での局所的な化学反応、またはパターン凸部から基板表面への機能性薄膜もしくは微粒子の移動によりなされることを特徴とする請求項 1 記載の微細加工装置。

【請求項 3】 前記原盤に形成された微細パターンの凸部が、化学的・機械的エッチング、研磨処理、または物質の選択的な堆積により先鋭化されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の微細加工装置。

【請求項 4】 前記原盤が、異方性エッチングにより先鋭化された凸部を有する微細パターンが形成された Si からなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の微細加工装置。

【請求項 5】 前記原盤と前記被加工基板との相対位置を制御する手段が、1つの被加工基板に対して1つの原盤を平行移動もしくは回転させるか、または1つの被加工基板に対して異なる微細パターンを有する複数の原盤を交換する手段であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 いずれか 1 項記載の微細加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、先端部の寸法が100nm以下の微細パターンを有する原盤から非加工基板へ一括して大面積のパターンを転写して微細加工（インプリント）を行う装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光の回折限界を超えて微細なリソグラフィを実現する方法として、光や電子線によるリソグラフィではなく、ナノインプリンティングと呼ばれる方法が新しいナノメートルサイズの加工技術として提案されている（J. Vac. Sci. Technol. B14(1996)4129）。この方法は、電子ビームにより加工された100nm以下の凹凸パターンを有する原盤（モールド）を、平坦な基板上に製膜した柔らかいレジスト薄膜に押しつけた後、パターンの凸部により押し込まれた部分のレジスト膜を反応性イオンエッチングなどによって削り取り、電子ビームにより加工された元の原盤の微細パターンを他の基板上に転写して、元の原盤と相補的な凹凸を有する微細パターンを高スループットで形成するものである。

【0003】この方法では、PMMAなどのレジスト膜

をパターン転写膜として、プレス型の型を取る。このため、微細パターンが形成された原盤をプレスする際に、パターン凸部の押し込みによってレジスト膜のパターン形成部分に気泡などを生じさせないために、原盤および被加工基板を含む加工装置の一部を減圧または真空の条件下に置く必要があり、結果として装置の内部を真空に保つ機構が設けられる。また、プレス時のレジスト膜の可塑性・流動性を確保して、パターン凸部からの転写を容易にする目的で、被加工基板全体を加熱して温度制御する機構が設けられる。

【0004】上述した従来の微細加工装置および加工方法には以下のような問題点がある。

【0005】（1）減圧・加熱を行うための装置や真空装置が必要であり、その分余分なコストがかかる。また、加工用のプレス装置として100kg/cm<sup>2</sup>を超える高圧の機構を要する。

【0006】（2）原盤のプレスによる等倍のパターン転写であるため、加工寸法はEBリソグラフィ技術などによる原盤の加工精度によって制限を受ける。また、フォトリソグラフィ技術のように、マスクの交換により異なるパターンを何度も重ねて転写することができないため、そのままでは従来のIC製造技術に転用することは困難である。

【0007】（3）パターン転写に用いる原盤は、EBのリソグラフィにより高い硬度を有する剛直な材料の表面に100nm以下の凹凸パターンを形成したものであり、原盤の作製に時間を要するうえに、材料そのものや加工のコストがかかる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術の問題点を解消し、1mm角以上の大面積に加工寸法100nm以下の微細なパターンを低コストで一括加工できる簡便な微細加工装置を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の微細加工装置は、微細パターンが形成された原盤および被加工基板を保持する手段と、原盤と基板との間でエネルギー移動または物質移動を誘起させる手段と、原盤と基板との相対位置を制御する手段とを具備し、前記原盤から前記基板へ微細パターンを転写することを特徴とする。

【0010】本発明においては、前記原盤と前記基板との間でのエネルギー移動または物質移動によるパターンの転写が、パターン凸部から基板への電流もしくは電子線の照射、パターン凸部と基板間での電圧もしくは磁場の印加、パターン凸部と基板表面の接触部付近での局所的な化学反応、またはパターン凸部から基板表面への機能性薄膜もしくは微粒子の移動によりなされる。

【0011】本発明で用いられる原盤に形成された微細パターンの凸部は、化学的・機械的エッチング、研磨処理、または物質の選択的な堆積により先鋭化されている

ことが好ましい。原盤の具体例としては、異方性エッチングにより先鋭化された凸部を有する微細パターンが形成された Si が挙げられる。

【0012】本発明において、前記原盤と基板との相対位置を制御する手段としては、1つの基板に対して1つの原盤を平行移動もしくは回転させるか、または1つの基板に対して異なる微細パターンを有する複数の原盤を交換する手段が挙げられる。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明をより詳細に説明する。本発明において、原盤（モールド）としては、「ナノインプリント法」に用いるのと同様に、EBを用いたリソグラフィーで形成された100nm以下の凸部パターンを有する、金属または半導体などの導電性材料からなるものを用いることができる。本発明における加工時のパターン転写は、被加工基板自体の最表面層または被加工基板上に形成されるパターン転写膜の最表面層を通じて行われる。このため、特に単純な穴開け（ドット形成）加工の場合には、加工寸法をより小さくするために、原盤の凸部パターンの先端部をあらかじめミリング処理や粒子ビームなどを用いた原子・分子クラスターの堆積により先鋭化させることが好ましい。加工寸法をさらに小さくするために、原盤の凸部パターン上に例えば単層のカーボン・ナノチューブを選択成長させてもよい。

【0014】本発明では、加工に用いるモールドとして、特に次のようなものを用いることが望ましい。すなわち、フォトリソグラフィー技術による一括パターン形成とSi基板の異方性エッチングを組み合わせることにより形成される、凸型のピラミッド状構造が一定の間隔と方位で規則的に配列したパターンを有するモールドである。この方法により、ピラミッドの先端部は曲率半径5nm以下に制御することが可能であり、モールドの押し付けによる穴開けや物質移動、および電圧印加による局所パターンの形成により、EBなどを用いた高価で長時間を要する描画方法に頼らず、元々のフォトリソグラフィーで形成されるパターンサイズよりもはるかに小さな、ピラミッドの先端径に相当する微細なパターン形成が可能となる。

【0015】さらに、このようなモールドに対向して、元々のモールドと相補的なパターンを有する絶縁物からなるマスクを、加工される材料の底部または上部に配置することにより、モールドとマスクの位置合わせによって、電圧印加時の電極集中の効果を増大させ、形成される1個1個のパターンサイズをより小さくすることが可能である。

【0016】最終的に基板全面にテラビットクラスのメモリ構造に相当する加工密度を達成するためには、ピラミッド状構造の規則的配列構造を形成する前のリソグラフィーによる加工ピッチをより小さく（20～50nm

m）する必要があるため、この部分の加工のみをEB技術で行ってもよいが、フォトリソグラフィーで形成されたミクロンオーダーの間隔で配置されたピラミッド配列構造を用いる場合でも、次のような手法を用いれば、最終的に基板前面で20～50nmピッチのパターンを形成することが可能である。

【0017】すなわち、既出願（位置合わせ方法および加工方法、特願平11-261911）に示した位置合わせ方法を用いて、モールドの水平方向の位置を制御しながら、スタンプによる加工を繰り返す方法である。例えば、2.4μm間隔で配置されたピラミッド配列構造を有するモールドを用いた場合、40nmピッチで60×60回の加工を行うことで、上記の基板全面にわたる微細パターンを形成することが可能になる。

【0018】原盤と被加工基板との具体的な位置合わせ方法としては、次のような方法を用いる。まず、パターンが形成された原盤を保持するとともに、被加工基板を保持し、双方の特定に個所に形成されたセルフアラインメント（相対位置の自己制御）部位によって両者の相対位置を制御する。このセルフアラインメント部位としては、立体的な構造として鍵と鍵穴の関係にあるものでよい。また、セルフアラインメント部位として双方の特定の接触個所において、水平方向の距離が増大するに従って物理的なエネルギー勾配により互いに引力を生じるものでもよい。例えば、双方の特定に接触個所を化学的に修飾することで表面エネルギーの差を生じさせる機構（メニスカス力を利用したセルフアラインメント機構）が挙げられる。こうしたセルフアラインメント機構により、仮に異なるパターンを有する原盤を用いて、すでに同じ方法でパターンが転写された基板に対して再度パターンを転写する場合にも、基板全面での相対的な位置関係が保証される。

【0019】さらに、原盤と被加工基板との相対位置制御の精度をナノメートルレベルにまで向上させるために、以下のような方法を用いることができる。

【0020】第1の方法では、パターンが形成された原盤を保持するとともに、被加工基板を保持し、原盤上および基板上に形成された傾斜台間の光干渉縞の変化を検出することにより、原盤と基板との相対位置を制御する。

【0021】第2の方法では、原盤上および基板上にマークされた蛍光物質と蛍光消光物質の距離による蛍光強度の変化を検出することにより、原盤と基板との相対位置を制御する。この場合、蛍光物質と蛍光消光物質の距離が近づくとエネルギー移動または電子移動による消光が顕著になる。一般に、エネルギー移動は蛍光物質の蛍光スペクトルが蛍光消光物質の吸収スペクトルと重なる場合に起こる。エネルギー移動の場合には2つの物質間の距離が数十nmから消光が顕著になり、電子移動の場合には2つの物質間の距離が数nmから消光が顕著にな

る。いずれも場合も、蛍光強度は距離の指数関数で表現できる。したがって、エネルギー移動による消光と電子移動による消光を組み合わせた位置制御も可能である。蛍光物質としては、種々の有機、無機の蛍光物質を用いることができる。エネルギー移動のためには、蛍光消光物質として金属や色素を用いることが好ましい。電子移動のためには、蛍光物質としてイオン化ポテンシャルや電子親和力が異なる有機物質や無機物質を用いることができる。

【0022】第3の方法では、原盤上および基板上に形成された微小チップ間のトンネル電流、原子間力、または散乱光の変化を検出することにより、原盤と基板との相対位置を制御する。

【0023】なお、第1～第3の位置合わせ方法では、最終的に、位置合わせにかかわる部位間の水平方向の相対位置をナノメートルオーダーで制御するために、原盤の側または被加工基板の側のいずれかまたは双方を、STM、AFMなどで用いられるピエゾ素子を用いた位置制御機構によって位置制御することが望ましい。

【0024】前述したセルフアラインメント機構と、第1～第3の微細位置合わせ機構によって、原盤と被加工基板のパターンが描かれる全面におけるナノメートル精度の相対位置制御を実現することが可能になる。具体的には、以下のようにして位置合わせを行う。すなわち、前述したアラインメント機構により、原盤と被加工基板全面の相対位置制御を行った上で、前述の位置合わせ方法1、2により、パターン部と被加工基板間のサブミクロンオーダーから数十nmに至るまでの相対位置制御を行う。これらの位置合わせ手段は、パターン部の周辺付近に形成することが望ましい。さらに最終的なパターン転写の精度を、ナノメートルからサブナノメートルレベルまで向上させるために、パターン部と被加工基板の中心部分において、前述の第3の位置合わせ方法、すなわち、STM、AFMによるトンネル電流または原子間力を検出するための部位を設けることによって、パターン中心部付近からパターン全面にわたり、被加工基板との間の相対的な位置制御の精度をナノメートル・サブナノメートルレベルで保証することが可能となる。

【0025】本発明における基板の加工に関しては、加工によって微細パターンが転写される部分が、加工の対象となる基板材料そのものの表面でもよいし、より加工の精度および汎用性を高める目的で基板上に設けられたレジスト等のパターン転写膜の表面でもよい。

【0026】本発明の微細加工装置では、原盤と基板との間で局所的なエネルギー移動または物質移動により微細パターンを転写する。このために、加工用原盤と加工対象となる基板（その上にパターン転写膜が形成されていてもよい）との精密な位置合わせ手段、および局所的なエネルギー移動または物質移動を誘起させる手段が設けられる。このような装置を用い、たとえば以下の方

な方法で加工が行われる。

【0027】まず、原盤および被加工基板を保持する手段および両者の相対位置を制御する手段により、原盤の凸型パターンと被加工基板と密着した状態で固定する。これらの機構は両者を固定するだけでよく、従来の装置のように強い圧力を加える必要はない。また、これらの機構を減圧下に置く必要もないので、真空装置も不要である。次に、原盤と基板との間に電気的なエネルギー移動を誘起するための電圧を印加して、凸型パターンと基板またはパターン転写膜（たとえばレジスト）との接触部分において、電子のエネルギー（電流）もしくは局所的な化学反応によって、陽極酸化により酸化膜を形成させたり、またはレジスト材料の化学組成を変化させて、エッチング処理により溶解しやすい構造に変える。レジスト等のパターン転写膜を用いた場合には、さらに後加工として現像およびエッチング処理を行い、最終的に目的とするパターンニングされた基板を得る。

【0028】この場合、局所的な酸化膜形成では、100nm以下のオーダーの凹凸構造や、表面の親水・疎水性が異なる構造が得られる。レジスト等のパターン転写膜を用いた場合には、任意の基板材料に対してエッチングによる凹凸のパターンが得られる。光・電気・磁気などの記録に適した材料を1Tbit/inch<sup>2</sup>以上の高密度記録媒体として用いる場合、上述した方法で得られた微細パターンを有する基板をそのままマスクとして用いるか、微細パターン上に記録材料を規則的に配列させることにより、記録材料が50nm以下のピッチで規則的に配列した分離構造を作製すればよい。

【0029】さらに、上記のモールド凸部と基板間の電圧印加により局所的なエネルギー誘起を利用すれば、例えば誘電体の微結晶や微粒子の構造に対して、局所的な分極を生じさせ、元々の微結晶や微粒子の構造によって、局所的な分極の効果を安定して保持させることも可能である。これにより、100nm以下のピッチで微細な分極パターンを1mm角以上の大面積にわたって形成することが可能になる。同様に、凹凸のパターンニングを施した（パターンの先端はフラットでもよい）磁性材料からなるモールドを用いれば、例えばモールド全体の磁化を交流コイルで制御することにより、100nm以下のピッチで垂直方向の磁化のパターンを磁性体の微結晶や微粒子からなる基板表面に大面積で転写することが可能となる。このような構造はテラビットクラスの高密度記録を実現する際に必須の、読み取りヘッドの位置制御に用いるサーボ制御系の基準ピットや、トラッキング用の構造としても用いられる。また、有機薄膜などの表面修飾による疎水化能を有する（あるいは局所的な化学的性質をコントロールする）材料をモールドの凸部に塗布した後、基板上に転写すれば、大面積で親水・疎水（あるいはその他の局所的な化学的性質）のパターンを基板上に転写することが可能である。したがって、下地の局

所的な親水・疎水性に敏感なアモルファス性色素材料を蒸着するなどして、微細な規則的配列構造を、基板全面にわたり形成することが可能となる。

【0030】以上示してきたように、本発明により、従来技術の問題点(1)～(3)が解決され、実用的なサイズ(1mm角以上)の基板全面にわたって、均一で、サイズ・ピッチ・方位が完全に揃った、穴開け・レジスト露光によるパターン転写・局所的な電気・磁気的性質および物質移動による薄膜形成を反映した100nm以下(20～50nmが可能)ピッチの微細パターンを高スループット・低コストの条件で形成することが可能となる。

#### 【0031】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例1)図1に本実施例で用いた微細加工装置の構成を示す。加工に用いる原盤(モールド)11には凸型の100nm以下のピッチで微細パターン12が形成されており、この原盤11は原盤ホルダ13により保持されている。一方、被加工基板21上にはパターン転写膜22が製膜されており、この基板21は基板ホルダ31により保持されている。基板ホルダ31はX、Y、Z方向に精密に駆動する微動アクチュエータ32上に載置され、微動アクチュエータ32はX、Y、Z方向に大まかに駆動する粗動アクチュエータ33上に載置されており、これらの機構により原盤11と基板21との相対位置が制御される。原盤11と被加工基板21の間には電圧制御系41から電圧が印加される。微動アクチュエータ32と粗動アクチュエータ33は駆動制御系42により制御される。なお、図1ではこれらの制御系を別々に示しているが、加工時の制御方法によっては、例えば原盤と基板との間の電圧や電流の信号を一定値に保つために、フィードバック・ループを形成してもよい。

【0032】図2に本実施例で用いた原盤の構造を示す。図2(a)は平面図、図2(b)は断面図である。図2に示すように、この原盤11には20nm径の凸部12aが50nmピッチで規則的に配列したパターンが形成されている。

【0033】図1に示す微細加工装置に、パターン転写膜22としてPMMAレジストを塗布した基板21と図2に示す原盤11を設置し、両者を密着させた。電圧制御系41により原盤11と基板21との間に適当な電圧を印加し、基板11の全面にわたり、一括してPMMAレジスト表面の穴開け加工を行った。

【0034】加工後の表面をAMFで観察したところ、原盤のパターンが形成された領域(1cm×1cm)に対応して、約20nm径の丸い穴が50nm間隔で規則的に配列した構造が観察された。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を2nmの膜厚で製膜し、120℃、2分のアニール処理を行う

ことにより、PMMAレジスト膜の穴開け部分に選択的に色素分子を充填した。こうして、1cm×1cmの領域で、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが50nmピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。また、この色素分子は良好なエッチング耐性を有するため、さらにこの構造をマスクとして、下地の基板を構成する材料にパターンを転写することも可能である。

【0035】次に、同じ原盤を用いて、Si基板表面の局所的な陽極酸化により、基板の全面にわたり、一括して微細なSiO<sub>2</sub>パターンを形成した。この場合、より小さいパターンを形成するためには、さらに原盤の微細パターン凸部をエッチング、研磨処理、粒子線のビームなどを用いた選択的成長により先鋭化させておくことが望ましい。微動アクチュエータの制御により、原盤の凸部をSi基板表面に密着させた後、1ms、-10Vのパルス電圧を原盤側に印加し、凸型の微細パターンに密着した部分のみに対して、局所的な陽極酸化による加工を行った。

【0036】加工を行った後、表面をAFMで観察したところ、原盤のパターンが形成された領域(1cm×1cm)に対応して、山状に盛り上がったSiO<sub>2</sub>が50nmの間隔で規則的に配列した構造が観察された。この方法は、陽極酸化によって酸化膜が形成されるのであれば、どのような金属や半導体に対しても適用できる。

【0037】次に、原盤として導電性を有するSiを用い、異方性エッチングにより凸部のパターンを形成し、CVD法によりパターン凸部の先端にカーボンナノチューブを選択的に成長させて先鋭化した。TEM観察により、パターン凸部先端の曲率半径は1nm以下と見積もられた。加工対象となるSi基板の表面をあらかじめシランカップリング剤によって疎水化処理した。微動アクチュエータの制御により、先鋭化された原盤の凸部をSi基板表面に密着させた後、1ms、-10Vのパルス電圧を原盤側に印加し、凸型の微細パターンに密着した部分のみに対して、局所的な陽極酸化による加工を行った。この加工は、疎水化された基板表面に親水的なSiO<sub>2</sub>領域を形成することに相当する。

【0038】加工を行った後、表面をAFMで観察したところ、山状に盛り上がった10nm以下の径を有するSiO<sub>2</sub>が50nmの間隔で規則的に配列した構造が観察された。LFM(摩擦力顕微鏡)などにより表面の局所的な化学的性質を調べたところ、疎水性の基板の上に50nmピッチで微細な親水性の領域が形成されていることが確認された。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を1nmの膜厚で製膜し、120℃、2分のアニール処理を行うことにより、SiO<sub>2</sub>領域に選択的に色素分子が凝集した。こうして、1cm×1cmの領域で、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが50nmピッチで規則

的に配列した分離媒体の構造が得られた。また、この色素分子は良好なエッチング耐性を有するため、さらにこの構造をマスクとして、下地の基板を構成する材料にパターンを転写することも可能である。

【0039】（実施例2）図3に本実施例で用いた原盤の構造を示す。図3（a）は平面図、図3（b）は断面図である。図3に示すように、この原盤11には20nm角の凹部12bが50nmピッチで規則的に配列したパターンが形成されており、それ以外の凸部12aの表面には疎水化能を有する有機薄膜51が塗布されている。ここで用いられる有機薄膜としては、Si基板表面を加工する場合には末端に疎水基を有するシランカップリング剤、基板表面に金などの特定の金属が形成されている場合にはチオール類など特定の金属に対する結合性を有する疎水化剤が挙げられる。また、ここではパターンの転写面のみを疎水化するのが目的であるから、単独の有機薄膜ではなく、たとえば金属微粒子などの微細な粒子の表面を疎水化剤によって覆い尽くしたものを製膜してもよい。

【0040】図1に示す微細加工装置を用い、図3に示す微細パターンを有する原盤をSi基板表面に密着させて有機薄膜を移動させることによりパターンを転写した。この結果、パターンの凸部に対応する領域のみが疎水化された構造が形成され、20nm角、50nmピッチの正方形の領域が親水性を有する領域として取り残された。

【0041】加工後の表面をLFM（摩擦力顕微鏡）およびAFMを用いたフォースマッピング（付着力の分布測定）で観察したところ、原盤のパターンが形成された領域（1cm×1cm）に対応して、摩擦力および付着力が極小を示す（表面が親水性であることを意味する）20nm径の丸い部分が50nmピッチで規則的に配列した像が得られた。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を2nmの膜厚で製膜し、120℃、2分のアニール処理を行うことにより、親水性領域に選択的に色素分子が凝集した。こうして、1cm×1cmの領域で、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが50nmピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。

【0042】（実施例3）表面に記録層として誘電体材料が形成された基板に対し、モールドの微細パターンの凸部に対応して記録層の特定領域にのみ電圧を印加し、その領域の誘電分極の向きを制御する例について説明する。これによって、特定の誘電特性を有する光磁気記録材料などについて、記録ピッチに相当するパターン形成が可能になる。

【0043】具体的には、図1の微細加工装置における位置制御機構を利用して、導電性のモールドを、被加工基板表面の誘電体材料からなる記録層に密着させ、電圧制御系から電圧を印加し、モールドの凸部に対応して記

録層中に誘電分極の向きが制御された微細パターンを形成する。誘電体材料からなる記録層としては、パターンを安定に保持させるために、微粒子状のもの、アモルファス性を有するもの、または微細な領域でのみ結晶化を進行させたナノ結晶構造を有するものが望ましい。この方法で誘電体材料からなる記録層の表面に誘電分極のパターンを形成した後、SMM（走査型マックスウェル応力顕微鏡）により基板表面の電位分布を観測したところ、1cm角の領域において、電位の高い（低い）領域が50nmピッチで配列している走査像が得られた。

【0044】（実施例4）表面に記録層として磁性材料が形成された基板に対し、モールドの磁化を交流コイルなどにより制御し、モールドの微細パターンの凸部に対応して記録層の特定領域の磁化の向きを制御する例について説明する。これによって、磁気記録材料または光磁気記録材料について、記録ピッチに相当するパターン形成が可能になる。

【0045】図4に本実施例で用いた微細加工装置を示す。図4の微細加工装置は原盤ホルダ12に交流コイル14が設けられている以外は、図1の装置と同様の構成を有する。

【0046】具体的には、図4の微細加工装置における位置制御機構を利用して、磁性材料からなるモールドを、被加工基板表面の磁性材料からなる記録層に密着させ、コイル14に通電して、モールドの凸部に対応して記録層中に磁化の向きが局所的に制御された微細パターンを形成する。磁性材料からなる記録層としては、パターンを安定に保持させるために、微粒子状のもの、アモルファス性を有するもの、または微細な領域でのみ結晶化を進行させたナノ結晶構造を有するものが望ましい。この方法で磁性材料からなる記録層の表面に局所的な磁化のパターンを形成した後、MFM（磁気力顕微鏡）により基板表面の磁化分布を観測したところ、1cm角の領域において、磁気力の大きい（小さい）領域が50nmピッチで配列している走査像が得られた。ここで、磁気力の大小は、そのまま磁化の大小に対応する。

【0047】（実施例5）図5に本実施例で用いた微細加工装置を示す。図5の微細加工装置は原盤11と被加工基板21との相対的な位置合わせ（セルフアラインメント）機構15が設けられている以外は、図1の装置と同様の構成を有する。位置合わせ（セルフアラインメント）の詳細は、上記した通りである。

【0048】図6に本実施例で用いた原盤の構造を示す。図6（a）は平面図、図6（b）は断面図である。この原盤11は金属（Ni）製であり、フォトリソグラフィおよび異方性エッチングにより、底辺の1辺が1.2μmのピラミッド状の凸部12aが2.4μmピッチで規則的に配列したパターンが形成されている。

【0049】図6の原盤11を用い、実施例1と同様の方法で、原盤11とPMMAレジストが形成された基板

10

20

30

40

50

21との間に適当な電圧を印加して、PMMAレジスト表面の穴開け加工を行った。

【0050】本実施例では、1回の穴開け加工の後に、さらにモールドを水平方向に40nmずつ平行移動して、合計60×60箇所にあたって同様の加工を繰り返した。加工後の表面をAMFで観察したところ、1cm×1cmの領域にあたって、約20nm径の丸い穴が40nm間隔で規則的に配列した構造が観察された。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を1.5nmの膜厚で製膜し、120℃、2分

のアニール処理を行うことにより、PMMAレジスト膜の穴開け部分に選択的に色素分子を充填した。こうして、1cm×1cmの領域で、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが40nmピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。

【0051】次に、図6と同様の構造を有する原盤を用いて、実施例1と同様の手法で疎水化処理を施したSi基板表面に陽極酸化による微細なSiO<sub>2</sub>パターン（親水性領域のパターン）を形成した。この場合、導電性を有するSiモールドのピラミッド部分の先端に、CVD

法によりカーボンナノチューブを選択的に成長させ、先鋭化処理を行った原盤を用いている。TEM観察により、パターン凸部先端の曲率半径は1nm以下と見積もられた。微動アクチュエータの制御により、先鋭化された原盤の凸部をSi基板表面に密着させた後、1ms、-10Vのパルス電圧を原盤側に印加し、凸型の微細パターンに密着した部分のみに対して、局所的な陽極酸化による加工を行った。この場合も、1回の加工の後に、さらにモールドを水平方向に40nmずつ平行移動して、合計60×60箇所にあたって同様の加工を繰り返した。

【0052】加工を行った後、表面をAFMで観察したところ、1cm×1cmの領域で、山状に盛り上がったSiO<sub>2</sub>が40nmの間隔で規則的に配列した構造が観察された。AMF観測により、この山状に盛り上がったSiO<sub>2</sub>の径は10nm以下であると見積もられた。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を0.5nmの膜厚で製膜し、120℃、2分のアニール処理を行うことにより、親水性のSiO<sub>2</sub>領域に選択的に色素分子が凝集した。こうして、1cm

【0054】図7に本実施例で用いた原盤の構造を示す。図7(a)は平面図、図7(b)は断面図である。この原盤11はSi基板にフォトリソグラフィーによる微細加工を行い、底辺の1辺が1.2μmのピラミッド状の凸部が2.4μmピッチで規則的に配列したパターンを形成した後、凸部の先端を開口したものである。この「じょうご型」の開口部に、疎水化能を有する有機材料または微粒子を充填し、モールドと被加工基板の相対的な位置を制御しながら繰り返しパターン転写を行うことにより、親水性領域・疎水性領域の微細パターンを効率よく形成することができる。この際、必要に応じてモールドの上面から材料を供給することにより、継続してパターン形成を行うことができる。

【0055】この方法により、2.4μm×2.4μmの領域にわたり30nmの線幅で50nmピッチのライン・アンド・スペース構造を形成した。さらに、このライン・アンド・スペース構造に直交して同様の構造を形成した。こうして、1cm×1cmの領域に、約20nm径の親水性領域が50nmピッチで取り残された規則的な微細パターンが形成される。

【0056】加工後の表面をLFM（摩擦顕微鏡）およびAFMを用いたフォースマッピング（付着力の分布測定）で観察したところ、1cm×1cmの領域にわたり、摩擦および付着力が極小を示す（表面が親水性であることを意味する）約20nm径の丸い部分が50nmピッチで規則的に配列した像が得られた。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を2nmの膜厚で製膜し、120℃、2分のアニール処理を行うことにより、親水性領域に選択的に色素分子が凝集した。こうして、1cm×1cmの領域で、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが50nmピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。

【0057】（実施例7）図8に本実施例で用いた微細加工装置の構成を示す。図8(a)は平面図、図8

(b)は断面図である。図8において、モールド61は、図6に示したのと同様に、Siの異方性エッチングにより規則的に配列したピラミッド上の凸部を形成したものであり、約1cm角の大きさを有する。このモールド61は1.6×10<sup>7</sup>（4000×4000）個の凸部を有する。なお、図では省略しているが、モールドの基板への密着性の確保および加工スピードの向上のために、モールド61はスライダヘッド構造で支持されている。モールド61の各辺はディスク状の被加工基板21の半径方向（または円周の接線方向）に対してやや角度をずらして配置されている。被加工基板21はスピンドルモーター62により回転され、モールド61と基板62との相対位置が制御される。被加工基板21は2.5インチ径のSi基板であり、その表面にパターン転写膜22としてPMMAレジストが塗布されている。



【0058】基板 21 に対し、スライダに搭載されたモールド 61 をゆっくりと接近させ、密着させたところで固定する。その後、実施例 1 で示したのと同様な手法により、モールドと基板との間に 1ms、-10V のパルス電圧を印加し、PMMA レジスト表面の穴開け加工を行った。1 回の加工を行った後、モールドと基板との間の相対位置が 50nm 程度移動するようにスピンドルモータ 62 を回転させ、再び同様の手法で穴開け加工を繰り返した。この際、モールドと基板との間の高さ方向の位置制御はスライダヘッドの支持によってのみ行い、相対位置の移動は水平方向の順送り制御のみで行う。この

ような方法により、2.5 インチ径の基板の全面に、ほぼ一様に 60nm ピッチの穴開け加工を高速で行った。この方法による基板前面の加工時間は約 1 時間であった。これは、1 箇所の穴を情報の 1 ビットに置き換えると、毎秒 16 ギガビットもの高速で情報の書き込みを行っていることに相当する。

【0059】加工後の表面を AMF で観察したところ、Si ディスクの全面にわたって約 20nm 径の丸い穴が 60nm 間隔で規則的に配列した構造が観察された。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を 2.5nm の膜厚で製膜し、120℃、2 分のアニール処理を行うことにより、PMMA レジスト膜の穴開け部分に選択的に色素分子を充填した。こうして、Si ディスクの全面にわたって、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが 60nm ピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。

【0060】次に、Si ディスクの表面にレジスト膜を塗布せずに、疎水化処理を施した Si ディスク表面の陽極酸化により、その全面に微細な SiO<sub>2</sub> パターン（親水性領域のパターン）を形成した。この場合、より小さいパターンを形成するためには、さらに原盤の微細パターン凸部をエッチング、研磨処理、粒子線のビームなどを用いた選択的成長により先鋭化させておくことが望ましい。原盤の凸部を Si ディスク表面に密着させた後、1ms、-10V のパルス電圧を原盤側に印加し、凸型の微細パターンに密着した部分のみに対して、局所的な陽極酸化による加工を行った。

【0061】加工を行った後、表面を AFM で観察したところ、Si ディスクの全面にわたって、山状に盛り上がった SiO<sub>2</sub> が 60nm の間隔で規則的に配列した構造が観察された。この上にトリフェニルアミン誘導体からなるアモルファス性色素分子を 2.5nm の膜厚で製膜し、120℃、2 分のアニール処理を行うことにより、親水性の SiO<sub>2</sub> 領域に選択的に色素分子を凝集させた。こうして、Si ディスクの全面にわたって、光・電荷による記録書き込みが可能な色素分子のドットが 60nm ピッチで規則的に配列した分離媒体の構造が得られた。

【0062】本発明により、従来技術で明らかになっ

た、(1) 減圧・加熱機構を要する、(2) 原盤の加工精度によるパターン寸法の制限および位置合わせ手段の不備による再加工の制限、(3) 原盤の加工時間・コスト、などの問題が解決され、実用的なサイズ（1mm 角以上）の基板全面にわたって、均一でサイズ・ピッチ・方位が完全に揃った、穴開け・レジスト露光によるパターン転写・局所的な電気・磁気的性質および物質移動による薄膜形成を反映した 100nm 以下（20～50nm が可能）ピッチの微細パターンを高スループット・低コストの条件で形成することが可能となる。

#### 【0063】

【発明の効果】以上説明したように本発明の微細加工装置を用いれば、微細な凸型パターンを有する原盤と被加工基板またはパターン転写膜の間で局所的なエネルギー移動または物質移動を誘起することにより、従来の機械的なプレス機構を有するインプリント技術と比較して、より簡単な構成により 100nm 以下の微細構造パターンの転写が可能になる。この際、パターン凸部と基板との間で、電流・電子線照射、被加工基板表面の局所的な陽極酸化など、基板の種類や加工方法に応じた様々な加工原理を適用できる。したがって、1mm 角以上の加工面積で加工寸法 100nm 以下の微細パターンの一括加工を実現し、高スループット・低コストの加工技術を提供できる。また、この技術を用いることにより、1Tbit/inch<sup>2</sup> 以上の記録密度を有する記録媒体構造を作製することができる。

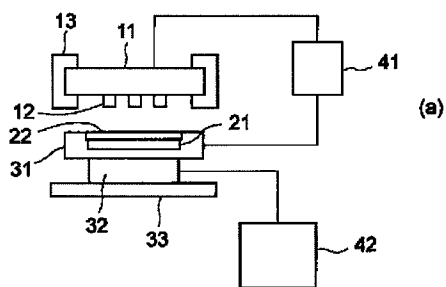
#### 【図面の簡単な説明】

- 【図 1】実施例 1 の微細加工装置の構成を示す図。
- 【図 2】実施例 1 で用いた原盤の平面図および断面図。
- 【図 3】実施例 2 で用いた原盤の平面図および断面図。
- 【図 4】実施例 4 の微細加工装置の構成を示す図。
- 【図 5】実施例 5 の微細加工装置の構成を示す図。
- 【図 6】実施例 5 で用いた原盤の平面図および断面図。
- 【図 7】実施例 6 で用いた原盤の平面図および断面図。
- 【図 8】実施例 7 の微細加工装置の構成を示す図。

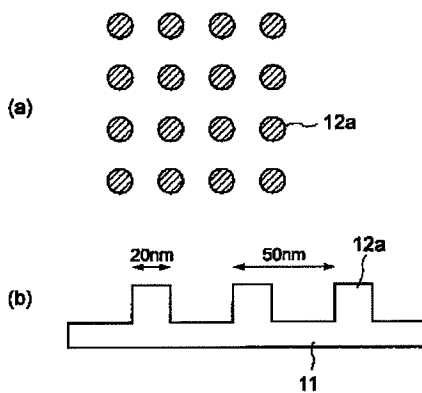
#### 【符号の説明】

- 11…原盤
- 12…微細パターン
- 13…原盤ホルダ
- 14…交流コイル
- 15…位置合わせ機構
- 21…被加工基板
- 22…パターン転写膜
- 31…基板ホルダ
- 32…微動アクチュエータ
- 33…粗動アクチュエータ
- 41…電圧制御系
- 42…アクチュエータ制御系
- 51…有機薄膜
- 61…原盤

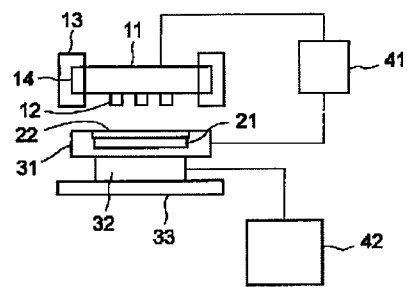
【図 1】



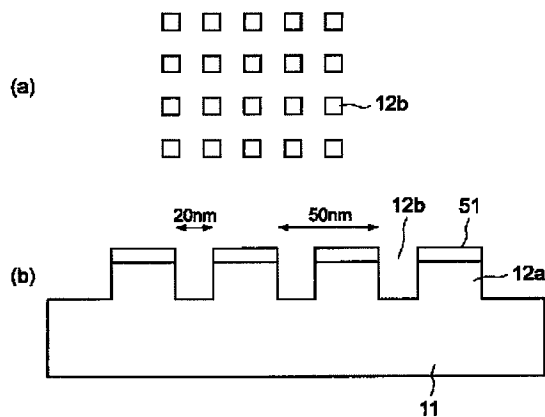
【図 2】



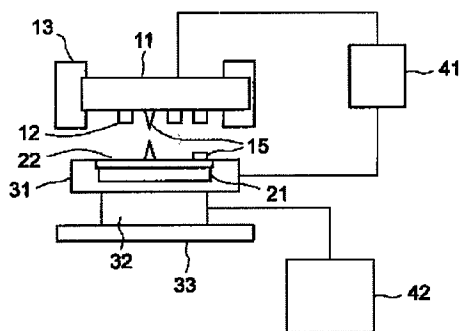
【図 4】



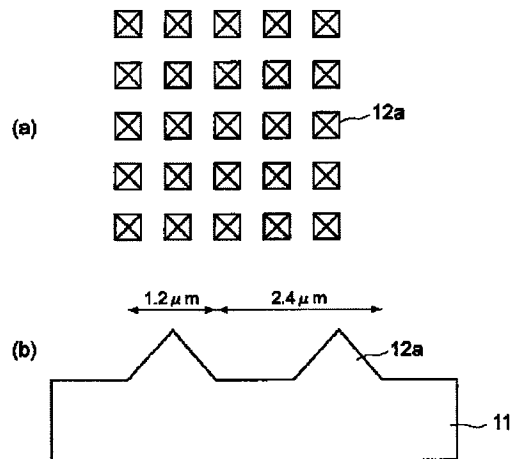
【図 3】



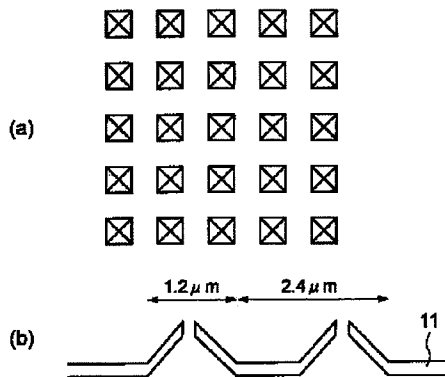
【図 5】



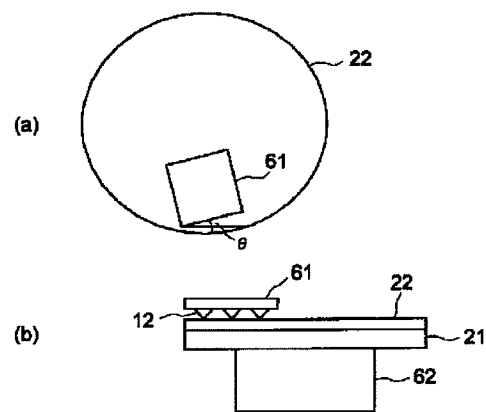
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 J 37/30

識別記号

F I

H 0 1 J 37/30

テーマコード (参考)

Z

(72) 発明者 内藤 勝之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

Fターム (参考) 5C034 AA01 AA02 AA07 AB04

5D029 JA04 JB21 JB50

5D121 AA02 DD01 DD11 GG02 GG30